

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

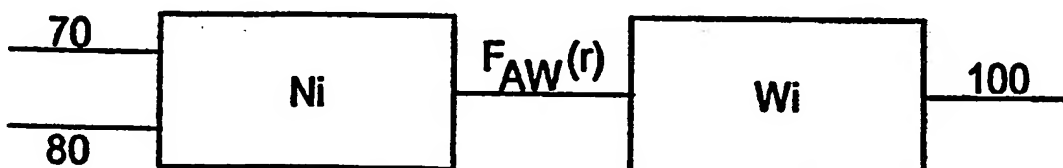


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G05B 13/02, B65H 23/182		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/50719
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 7. Oktober 1999 (07.10.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/03204		(81) Bestimmungsstaaten: BR, CA, NO, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 3. November 1998 (03.11.98)			
(30) Prioritätsdaten: 198 14 407.5 31. März 1998 (31.03.98) DE		Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WIENHOLT, Willfried [DE/DE]; Unterhachinger Strasse 87, D-81737 München (DE). LIEPOLD, Helmut [DE/DE]; Waldstrasse 6, D-91350 Gremsdorf (DE). SCHÄFFNER, Clemens [DE/DE]; Röntgenstrasse 1/IV, D-82152 Martinsried (DE).			
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE- SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).			

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR NEURONAL MODELLING OF A PAPER WINDING DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR NEURONALEN MODELLIERUNG EINER PAPIERWICKELVORRICHTUNG



(57) Abstract

The invention relates to a method for modelling a paper winding device, especially a drum cutting and winding machine. Control variables and influencing variables (70, 80) are determined and stored as a function of time. Said variables are used to determine the strength of the strip (FAW(r)), according to the number of wound layers, or a correlative variable is used and considered as a target variable along with the other relevant control and influenced variables to enable a neuronal network to be trained as a model for a nip (Ni) for said winding device. New data for training the network can be continually obtained during operation of the installation, thereby improving the model. Optimum control parameters can be determined to meet various production requirements by means of an iterative process dependent upon the winding quality (100) which can also be determined from the strength of the strip.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Modellierung einer Papierwickelvorrichtung, insbesondere zur Modellierung eines Tambour-Rollenschneiders. An einer realen Papierwickelvorrichtung werden Einfluß- und Steuergrößen (70, 80) bestimmt und zeitabhängig abgespeichert. Mit diesem Einfluß- und Steuergrößen wird die Bahnkraft (FAW(r)) in Abhängigkeit der gewickelten Lagenanzahl, bzw. eine mit ihr korrelierte Größe bestimmt und mit dieser als Targetgröße und den zugehörigen Steuer- und Einflußgrößen ein neuronales Netz als Modell eines Nips (Ni) dieser Wickelvorrichtung trainiert. Beim Betrieb der Anlage können ständig neue Daten zum Training des Netzes abgegriffen und damit das Modell verbessert werden. Für unterschiedliche Konfektionierungserfordernisse können optimale Steuerparameter durch einen iterativen Prozeß in Abhängigkeit der Wickelgüte (100), welche ebenfalls aus der Bahnkraft ermittelbar ist, bestimmt werden.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Verfahren und Anordnung zur neuronalen Modellierung einer Papierwickelvorrichtung

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und einer Anordnung zur Erstellung eines neuronalen Modelles von einer Papierwickelvorrichtung, wie beispielsweise einem Rollenschneider.

10

Bei der Produktion von Papier hat sich die Speicherung des Papiers in Form von Rollen, welche auch als Tambour oder Wickel bezeichnet werden bewährt, weil dadurch auf kleinem Raum sehr große Papiermengen faltenfrei zur Lagerung, zum Transport und zur Weiterverarbeitung gespeichert werden können.

15

Bei einem Rollenschneider besteht die Aufgabe der darin vorhandene Papierwickelvorrichtung darin, einen breiten Papierwickel, wobei gängige Papierbreiten durchaus 9,50 m betragen können, abzuwickeln und die Papierbahn entsprechend den Kundenvorgaben zu konfektionieren. Hierzu werden diese in Längsrichtung zerschnitten und die dabei entstehenden schmalere Papierbahnen werden wieder aufgewickelt. Für die Aufwicklung werden wegen ihrer technischen Vorzüge häufig Stützwalzenwickler eingesetzt, von denen einer in Figur 1 schematisch dargestellt ist. Dieser Wickelvorgang beeinflusst in entscheidendem Maße die Qualität des Papiers auf den gewickelten Rollen, die stark von den in den Rollen auftretenden Spannungen im Papier abhängt. Die sich dabei in Wickel ergebenden Tangential- und Radialspannungen werden unter anderem von folgendem Einfluß- und Steuergrößen der Papierwickelvorrichtung und des Papiers beeinflusst:

20

25

30

35

- Bei dem Zentrumsantrieben der Wickelstationen durch deren Momente und Drehzahlen.
- Beim Stützwalzenantrieb durch dessen Moment und Drehzahl.

- Bei den Wickelstationen durch den Wickelradius, die Linienkraft im Nip, Einstellungen der Reibdämpfer und der Breite der Wickel.
 - Von geometrischen Einflußgrößen, wie dem Stützwalzenradius, der Breite des Tambours, und dem Radius der Hülse, auf die die Papierwickel aufgewickelt werden.
 - Von den Papiereigenschaften, wie dem Elastizitätsmodul, dem Flächengewicht pro Dichte, der Rauhigkeit, der Glätte, der Feuchte, der Porosität, sowie der Bruchdehnung.
 - Von sonstigen Einflußgrößen, wie der Bahnkraft, der Rauhigkeit der Stützwalze, dem Reibwert der Stützwalze für jede Papiersorte, sowie dem Elastizitätsmodul der Hülse, auf die gewickelt wird.
- Da diese Einfluß- und Steuergrößen auch noch von Umgebungsbedingungen, wie beispielsweise der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur abhängen, lassen sich solche Wickelvorgänge sehr schwer analytisch beschreiben. Aus diesen Gründen ist es besonders schwierig die Qualitätsanforderungen, die an solche Wickel gestellt werden, zu erfüllen und gleichbleibend einzuhalten. Dabei wird insbesondere beim Stand der Technik immer noch auf Expertenwissen zurückgegriffen. Vor allen Dingen soll sichergestellt werden, daß reproduzierbare Wickel mit einem optimalen Wickelhärteaufbau beim Wickelvorgang entstehen. Weiterhin soll dabei ein seitliches Verlaufen, das auch Teleskopieren der Rolle genannt wird, vermieden werden. Insbesondere sollen Risse und Platzer sowie plastische Verformungen beim Wickelvorgang ausgeschlossen werden können.
- Bisher werden die Steuergrößen für solche Papierwickelvorrichtungen und insbesondere für Rollenschneider in Form von Sollwertstrajektorien in einer Inbetriebnahmephase durch Inbetriebsetzungsingenieure manuell und auf Basis ihres Erfahrungswissens festgelegt. Dabei ist viel technologisches Know-how, Geschick und Zeit erforderlich. Im allgemeinen wird für jede Papiersorte des Produktspektrums ein separater Satz von Sollwerttrajektorien der Papierwickelvorrichtungen festgelegt

und beispielsweise im Prozeßrechner, der den Rollenschneider steuert, abgespeichert. Bei einem späteren Betrieb werden die Sollwerttrajektorien aus dem Speicher ausgelesen und zur Steuerung der Wickelvorrichtung eingesetzt. Durch diese Vorgehensweise wird ein bestimmtes Qualitätsniveau erreicht; die dabei erzielbare Qualität wird jedoch durch folgende Tatsachen begrenzt:

- Es kann nicht sichergestellt werden, daß immer optimale Steuertrajektorien zum Einsatz kommen, weil kein mathematisches Modell zur Bestimmung optimaler Steuertrajektorien vorliegt. Fallweise können also suboptimale Steuertrajektorien angewandt werden.
- Drifts von Meßgeräten oder in Folge von Verschleiß bleiben unberücksichtigt.
- Streuungen der Papierparameter innerhalb einer Sorte, wie beispielsweise des Flächengewichtes oder des Elastizitätsmoduls bleiben unberücksichtigt.

Falls sich durch die genannten Effekte während des Betriebs eines Rollenschneiders oder einer anderen Papierwickelvorrichtung die Wickelqualität unterhalb eines akzeptablen Wertes verschlechtert, so muß der Anlagenfahrer korrigierend von Hand eingreifen. Allgemeine theoretische Grundlagen für die Vorgänge die beim Papierwickeln auftreten werden in H.-J. Schaffrath, F. Hibinger und L. Göttching „Numerische Berechnung von Spannungsverläufen und Wickelhärte in einer Papierrolle“, Seiten 350 - 361, Heft 6, 1994 angegeben. Bisher sind keine Verfahren zur automatisierten Erstellung von Steuerparametern für Papierwickelvorrichtungen und insbesondere für Rollenschneider bekannt.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren und eine Anordnung zur neuronalen Modellierung von Papierwickelvorrichtungen und insbesondere zur Optimierung der Steuerparameter dieser Vorrichtungen anzugeben.

Diese Aufgabe wird vor das Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 1 und für die Anordnung gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 8 gelöst. Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

5

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß das neuronale Modell unter Zuhilfenahme einer Zwischengröße, der Bahnkraft oder einer mit ihr korrelierten Meßgröße, erstellt wird, wobei diese aus dem
10 Zusammenhang zwischen Wickelradius und Lagenanzahl bestimmbar ist. Da für diesen Zusammenhang Meßgrößen am realen System ermittelt werden und für verschiedene Zeitpunkte zur Verfügung stehen, kann ein neuronales Netz mit Steuerparametern direkt als Modell eines Nips trainiert werden. Der
15 Vorteil besteht darin, daß also lediglich der Zusammenhang zwischen Steuergrößen und Bahnkraft oder mit ihr korrelierter Größe durch das neuronale Netz modelliert werden muß und daß für die Bestimmung der Wickelgüte in Abhängigkeit der Bahnkraft bekannte Zusammenhänge aus dem Stand der Technik
20 verwendet werden können. Wird als mit der Bahnkraft korrelierte Größe die mittlere Lagendicke verwendet so, kann diese über die Messung der Radiuszunahme bei gleichzeitiger Zählung der Lagenanzahl bestimmt werden Bezüglich Detailinformationen zu diesem Thema wird auch auf den zitierten
25 Stand der Technik in der genannten Druckschrift verwiesen.

Vorteilhaft läßt sich das vorgeschlagene Verfahren zweistufig anwenden. Während beispielsweise ein neuronales Netz mit einer Papierwickelvorrichtung gekoppelt ist und diesem die
30 Einfluß- und Steuergrößen zugeführt werden, kann es den Zusammenhang zwischen Lagenanzahl und Steuerparametern, sowie der Bahnkraft bzw. der mit ihr korrelierten Größe lernen. Für eine Erstellung von optimierten Steuerparametern kann ein zweites neuronales Netz als aktuelle Kopie dieses an die
35 Maschine angeschlossenen neuronalen Netzes verwendet werden.

Vorteilhaft wird zur Ermittlung der optimierten Steuerparameter ein iteratives Verfahren durchgeführt, bei dem insbesondere durch das neuronale Netz, welches ein Modell der Papierwickelvorrichtung und dabei insbesondere des Nip darstellt, der Zusammenhang zwischen den Steuer- und Einflußgrößen und der Bahnkraft bzw. der mit ihr korrelierten Größe modelliert und mit der modellierten Bahnkraft die Wickelgüte aus dem bekannten Zusammenhang aus dem Stand der Technik errechnet wird. Falls eine mit der Bahnkraft korrelierte Größe modelliert wird, besteht die Möglichkeit, daß diese direkt meßbar ist, wie dies für die mittlere Lagendicke gilt. Diese errechnete Wickelgüte kann im Anschluß mit der gewünschten zu erzielenden Wickelgüte beim Wickelvorgang verglichen werden und die Steuerparameter können, quasi Off-Line, allein durch Einsatz des Modelles an den Betrieb angepaßt werden, indem sie fortwährend verändert werden, bis sich die gewünschte Wickelgüte mit hinreichender Genauigkeit einstellt.

Vorteilhaft läßt sich aus der Differenz der Wickelgüte zwischen zwei benachbarten Optimierungsschritten und damit zusammenhängenden Veränderungen der Steuerparameter, die diese Optimierungsschritte betreffen auf eine optimale Veränderungsrichtung der Steuerparameter schließen, damit in einem weiteren Optimierungsschritt in die richtige Richtung veränderte Steuerparameter vorgegeben werden können.

Vorteilhaft werden durch das vorgeschlagene Verfahren Sollwerttrajektorien für die Steuerparameter bereitgestellt, da sich die Meßgrößen im Verlaufe des Wickelvorgangs ändern und angepaßte Steuergrößen erforderlich sind.

Besonders vorteilhaft läßt sich eine Papierwickelvorrichtung oder ein Rollenschneider mit den wie vorgeschlagen optimierten Steuerparametern bzw. Sollwerttrajektorien betreiben, da damit die eingangs beschriebenen Nachteile vermieden werden und ein höheres Qualitätsniveau beim Papierwickelvorgang erzielbar ist.

Besonders vorteilhaft wird das vorgeschlagene Verfahren mit Hilfe einer Anordnung durchgeführt, bei der das neuronale Netz direkt mit der Papierwickelvorrichtung gekoppelt ist und diesem die relevanten Meßgrößen, sowie beispielsweise die Einflußgrößen des Papiers direkt zugeführt werden können, da damit ständig im On-line-Betrieb beim Wickelvorgang das neuronale Netz nachtrainiert werden kann. Für eine fallweise anfallende Optimierung von Steuerparametern für weitere Wickelvorgänge kann einfach eine Kopie des neuronalen Netzes gezogen werden. Somit steht immer die aktuellste und am besten trainierte Version des Netzes zur Verfügung.

Besonders vorteilhaft läßt sich ein neuronales Netz an der Papierwickelvorrichtung eines Rollenschneiders anordnen, da Rollenschneider häufig verwendet werden, um Kundenkonfektionierungen von Papierbahnen durchzuführen.

Besonders vorteilhaft werden bei einem vorgeschlagenen Verfahren bzw. einer vorgeschlagenen Anordnung mindestens die Antiebsmomente der Wickelvorrichtung und der Elastizitätsmodul des Papiers gemessen, da diese Einflußgrößen sehr wichtig für die erreichbare Qualität beim Wickelvorgang sind.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren weiter erläutert.

Figur 1 zeigt dabei eine schematische Darstellung eines Stützwalzenwicklers;

Figur 2 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Lagenanzahl, Bahnkraft und Wickelradius;

Figur 3 zeigt ein Blockschaltbild einer Papierwickelvorrichtung;

Figur 4 zeigt ein neuronales Netz mit Eingangs- und Ausgangsgrößen;

Figur 5 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Lagenanzahl und Radiuszunahme;

- Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau eines Stützwalzenwicklers mit dem Radius r als Wickelradius, F als der Bahnkraft vor der Stützwalze St und der Bahngeschwindigkeit v . Die Papierbahn ist mit P bezeichnet mit F_{AW} ist die eingewickelte Bahnkraft oder auch die Bahnkraft auf dem Wickel bezeichnet. Mit M_H ist das Antriebsmoment des Zentrumsantriebs der Wickelhülse bezeichnet und mit M_S das Antriebsmoment der Stützwalze, wobei der Wickel mit Wi und die Hülse mit Hul bezeichnet ist. Im Berührungspunkt der beiden Walzen, der auch als Nip Ni bezeichnet wird, tritt eine Linienkraft Lin auf, die mit Reibdämpfereinstellungen beeinflusst werden kann. Auf dem Wickel Wi sind bereits mehrere Papierbahn übereinandergewickelt, was durch konzentrische Kreise angedeutet ist.
- Bei Papierwickelvorrichtungen, wie sie insbesondere auch bei Rollenschneidern von Papierrollen eingesetzt werden, spielen für die Kriterien der erzielbaren Qualität die Bedingungen im sogenannten Nip, in dem die beiden Papierseiten von den verschiedenen Walzen berührt werden, eine besondere Rolle. Gemäß der Erfindung soll insbesondere das Verhalten der Wickelvorrichtung in Abhängigkeit der Steuerparameter und der Bahnkraft F_{AW} im Nip durch ein neuronales Netz modelliert werden. Die Bahnkraft F_{AW} hängt dabei ebenso wie die mit ihr korrelierten Größen Aufwickelhärte und mittlere Lagendicke von den Steuergrößen, sowie von weiteren Einflußgrößen z. B. des Papiers und der Umgebung ab. Steuergrößen sind beispielsweise die Antriebsmomente M_S der Stützwalze St und des Zentrumsantriebs M_H , die Linienkraft Lin , mit welcher der Winkel Wi auf die Stützwalze St gepreßt wird, die Bahnzugkraft vor dem Nip F , sowie fallweise Reibdämpfereinstellungen, mit welchen vertikalen Bewegungen des Winkels Wi auf der Stützwalze St durch Hydraulikdämpfer oder durch Wirbelstrombremsen bedämpft werden. Einflußgrößen stellen beispielsweise die Papiereigenschaften, wie der Elastizitätsmodul, das Flächengewicht bezogen auf die Dichte, die Rauigkeit, die Glätte, die Feuchte, die Porosität und die Bruchdehnung des Papiers dar. Ebenso müssen beispielsweise

von den Stützwalzeneigenschaften deren Rauhigkeit und Reibwert, sowie Geometriedaten wie beispielsweise die Papierbahnbreiten berücksichtigt werden.

- 5 Die Vorgänge im Nip sind sehr komplex und analytisch schlecht beschreibbar. Deshalb existiert im Stand der Technik kein brauchbares Modell für das Nip-Verhalten eines Stützwalzenwicklers. Es soll folglich ein Modell des Nips datenbasiert durch ein neuronales Netz erzeugt werden. Gemäß dem Verfahren
10 werden hierzu die Eingangsdaten des neuronalen Netzes, d. h. die Steuergrößen und die weiteren bereits beschriebenen Einflußgrößen und die Ausgangsdaten, d. h. die Bahnkraft F_{AW} , bzw. die mit ihr korrelierte Größe für eine Vielzahl von Wickelvorgängen gespeichert, um damit das neuronale Netz
15 trainieren zu können. Dabei besteht das Problem, die Ausgangsgröße F_{AW} zu bestimmen, da diese nicht meßbar ist. Vorgeschlagen wird deswegen zunächst diese nicht meßbare Größe F_{AW} , d. h. die Bahnkraft, aus bekannten meßbaren Größen zu errechnen. Analog kann die mittlere Lagendicke aus
20 Radiuszunahme und Lagenanzahl berechnet werden

- Wie Figur 2 zeigt, besteht ein Zusammenhang zwischen der Bahnkraft F_{AW} dem Wickelradius r_{AW} und der Lagenanzahl des gewickelten Papiers. Gemäß der Erfindung läßt sich also die
25 Bahnkraft $F_{AW}(r)$ in Abhängigkeit des Wickelradius r rekonstruieren, indem beispielsweise der Wickelradius r_{AW} in Abhängigkeit der Papierlagenanzahl z gemessen wird. Wie Figur 2 weiter zeigt, besteht ein Zusammenhang zwischen der Bahnkraft und der radialen Verformung des Papiers, die sich dann auf
30 den Wickelradius in Abhängigkeit der Lagenanzahl und die Aufrollwickelhärte, sowie die mittlere Lagendicke auswirkt. In der Darstellung in Figur 2, sind beispielsweise bereits drei Papierlagen aufgewickelt. Den jeweiligen Papierlagen sind die Bahnkräfte $F_{AW}(1)$, $F_{AW}(2)$, $F_{AW}(3)$ zugeordnet. Dabei
35 gilt für die momentan in Aufwicklung befindliche vierte Lage und deren Bahnkraft $F_{AW}(4)$ folgender Zusammenhang. Je höher die Bahnkraft F_{AW} beim Aufwickeln der vierten Lage ist, um so

höher ist der Radialdruck, der von der vierten Lage auf die darunterliegenden Papierbahnen ausgeübt wird und um so kleiner wird, aufgrund der elastischen Verformung des Papiers, der resultierende Wickelradius r_{AW} des Wickels mit vier Lagen sein. In Figur 2 sind die den entsprechenden Wickellagen zugeordneten Wickelradien mit ihren Benummerungen entsprechend den Bahnkräften für die einzelnen Lagen bezeichnet, wobei $r_{AW}(0)$ den Radius der Hülse Hul , auf die das Papier aufgewickelt wird, angibt. Der Einfachheit halber sind die gewickelten Papierlagen in Figur 3 als konzentrische Kreise angenommen. Es besteht ebenfalls die Möglichkeit die Bahnkraft über die tangentielle Verformung des Papiers zu ermitteln, die jedoch hier nicht dargestellt ist. Vorzugsweise müssen hierfür in axialer Richtung der Papierrolle entsprechende Meßvorrichtungen vorgesehen sein, um die lagenabhängige Verformung zu bestimmen. Für die Bestimmung der Bahnkraft gilt dabei folgender funktionaler Zusammenhang:

$$r_{AW}(z) = f(F_{AW}(r))$$

Damit gibt sich für die Bahnkraft in Abhängigkeit des Radius

$$F_{AW}(r) = f^{-1}(r_{AW}(z)).$$

Nach der Rekonstruktion der Bahnkraft auf dem Wickel in Abhängigkeit der meßbaren Daten stehen die Parameter für das Training des neuronalen Netzes zur Nachbildung des Nips zur Verfügung. Die Bahnkraft bildet dabei bevorzugt die Targetgröße des neuronalen Netzes, während die Einfluß- und Steuergrößen die Vorgaben für die Sollwerttrajektorien, die zu lernen sind, bilden. Da diese Größen an einer realen Papierwickelvorrichtung gemessen wurden, kann das Netz mit Hilfe dieser Vorgehensweise auf Basis eines normalen bekannten Lernverfahrens zu einem Nip-Modell trainiert werden, wobei das neuronale Netz als statischer Funktionsapproximator arbeitet.

Wie Figur 3 zeigt, besteht das vorgeschlagene Verfahren vorzugsweise aus zwei Funktionsblöcken, wobei ein Funktionsblock N_i den Nip nachbildet und der zweite Funktionsblock W_i den Wickel. Dem ersten Funktionsblock werden beispielsweise die bereits genannten Einfluß- und Steuergrößen 70 und 80 zugeführt, worauf dieser folglich eine Bahnkraft F_{AW} in Abhängigkeit des Radius r ausgibt. Diese Bahnkraft wird dem Modell für den Wickel W_i zugeführt, auf dem sich in Abhängigkeit einer Bahnkraft eine Wickelgüte 100 einstellt. Dabei ist insbesondere zu berücksichtigen, daß also die Bahnkraft nicht über die Wickelgüte als Meßgröße rekonstruiert wird, sondern über die Abhängigkeit zwischen der Lagenanzahl und dem sich einstellenden Wickelradius, bzw. der mittleren Lagendicke und der Aufrollwickelhärte. Zur Bestimmung optimaler Steuerparameter für die Papierwickelvorrichtung wird allerdings aus F_{AW} mittels aus dem Stand der Technik bekannter Zusammenhänge die Wickelgüte direkt errechnet. Gemäß dem Verfahren läßt sich eine bessere Wickelqualität erreichen, wenn für den gesamten Wickelvorgang ein mathematisches Modell vorliegt. Hierdurch ist es möglich, eine Optimierung bezüglich der Wickelgüte vorzunehmen, um optimale Steuertrajektorien für den Wickelvorgang zu erhalten. Das bedeutet, daß über die Wickelgüte 100 und die Steuertrajektorien 70 und 80 mit Hilfe der Zwischengröße Bankkraft $F_{AW}(r)$ oder einer mit ihr korrelierten Größe und der beiden Modelle N_i und W_i für den Nip und den Wickel optimale Steuertrajektorien für den gesamten Prozeß erstellt werden können. Als Bindeglied zwischen den beiden Teilmodellen fungiert die Bahnkraft F_{AW} in Abhängigkeit von r oder eine mit der Bahnkraft korrelierte Größe. Es wird der Zwischenschritt über die Bahnkraft F_{AW} gemacht, weil sich die Wickelgüte nicht direkt messen läßt, sondern eine Zerstörung des Papierwickels bedingt. Es ist natürlich denkbar, daß zukünftige Meßvorrichtungen es erlauben, daß die Wickelgüte direkt gemessen werden kann, dann kann wie vorgeschlagen das neuronale Netz direkt mit der Wickelgüte als Targetgröße und den Steuertrajektorien als Eingangsgrößen trainiert werden,

um damit ein Gesamtmodell der Papierwickelvorrichtung zu erhalten.

Figur 4 zeigt ein neuronales Netz NN, das vorzugsweise gemäß der Erfindung ein Modell des Nips einer Papierwickelvorrichtung darstellt. Dem neuronalen Netz NN werden Größen 10 bis 30 zugeführt, woraus es Ausgangsgrößen $F_{AW}(r)$ und 50 erzeugt. Wie bereits zuvor beschrieben, werden dem neuronalen Netz beim Training bevorzugt Größen zugeführt, die an der realen Papierwickelvorrichtung gemessen werden. Als Targetgröße wird dabei bevorzugt über dem Zusammenhang zwischen Lagenanzahl und Wickelradius die Bahnkraft F_{AW} rekonstruiert und beim Training des Netzes verwendet. Gemäß dem Verfahren kann es auch vorgesehen sein an einer Papierwickelvorrichtung ständig ein neuronales Netz mit anzuordnen, was während des Betriebs dieser Vorrichtung die entsprechenden Größen, die es für seinen Lernvorgang benötigt, zugeführt bekommt. Dies hat den Vorteil, daß das neuronale Netz ständig mit dem aktuellen Verhalten der Papierwickelvorrichtung trainiert wird und somit das Verhalten dieser Maschine immer besser nachbilden kann. Fallweise können dem neuronalen Netz als Größen 10 bis 30 Meßwerte zugeführt werden, die von Meßfühlern aufgenommen werden, welche spezifische Meßgrößen der Papieranordnung ermitteln. Fallweise können auch statische Eigenschaftsgrößen wie beispielsweise Geometriedaten, Papiereigenschaften und Umweltbedingungen beim Training des Netzes zugeführt werden. Die Zufuhr kann dabei durch Meßfühler, oder sonstige Eingabemittel bewerkstelligt werden. Falls es ggf. einmal möglich sein sollte die Wickelgüte des Papiers direkt am Wickel zu messen, ohne diesen zu zerstören, so kann selbstverständlich die Erfindung auch mit der Wickelgüte als Targetgröße ausgeführt werden. Vorzugsweise werden durch das neuronale Netz über die bereits beschriebene Vorgehensweise mit einem iterativen Verfahren durch Vorgabe von Steuerparametern und Ausrechnung der Wickelgüte über F_{AW} und den bekannten Zusammenhang aus dem Stand der Technik zwischen F_{AW} und der Wickelgüte optimale Steuertrajektorien ermittelt, indem ständig

- neue Parameter vorgegeben werden, bis eine im Prozeß zu erzielende und gewünschte Wickelgüte erreicht wird. Analog gilt diese Vorgehensweise für mit der Bahnkraft korrelierte Größen, die indirekt ableitbar sind, wie die mittlere
- 5 Lagendicke. Diese am neuronalen Netz ermittelten Steuertrajektorien werden dann der realen Anordnung als Steuertrajektorien für den Papierwickelprozeß vorgegeben. Der Vorteil der Erfindung besteht insbesondere darin, daß die so
- 10 ermittelten und optimierten Steuerparameter immer an das aktuelle Prozeßverhalten und die Einflußgrößen des Prozesses angepaßt sind, so daß ein höchst mögliches Maß an Qualität durch die vorgeschlagene Vorgehensweise erzielbar ist. Weiterhin wird durch das vorgeschlagene Verfahren eine
- 15 optimale Genauigkeit bei der Einstellung erzielt, da es nicht auf Erfahrungswissen, sondern auf Meßgrößen und auf mathematischen Zusammenhängen bzw. neuronalen Modellen basiert.
- 20 Wie Figur 5 zeigt, kann anstatt der Bahnzugkraft auch eine mit der Bahnzugkraft korrelierte Größe durch das neuronale Netz modelliert werden, eine Voraussetzung einer solchen Größe, die in diesem Zusammenhang allgemeiner modelliert werden kann, besteht allerdings darin, daß eine solche Größe
- 25 mit der Bahnzugkraft (F_{AW}) korreliert sein muß, um für die Kopplung zwischen dem Nip N_i und dem Wickel W_i geeignet zu sein. Analog zu der Darstellung in Figur 3 tritt dann anstatt der Bahnzugkraft $F_{AW(r)}$ die entsprechend mit der Bahnzugkraft korrelierte Größe auf, welche durch das neuronale Netz
- 30 modelliert wird. Als Beispiel für eine solche mit der Bahnzugkraft F_{AW} korrelierte Größe ist hier die sogenannte Aufrollwickelhärte dargestellt. Für die Aufrollwickelhärte existieren verschiedenste Definitionen; im Folgenden soll die mittlere Papierlagendicke benutzt werden: während des
- 35 Aufrollvorgangs wird die Anzahl der aufgewickelten Lagen z und die Radiuszunahme durch Differenzbildung $r_2 - r_1$ bestimmt, wie dies auch Figur 5 zeigt, wo der Wickel im Zustand 100 mit

dem Radius r_1 vor der Aufwicklung von z -Lagen gezeigt ist. Nach dieser Aufwicklung befindet sich der Wickel im Zustand 200 und hat den Radius r_2 . Über diese Veränderung des Außenradius nach der Aufwicklung von z -Lagen läßt sich die
5 mittlere Lagendicke MLD bestimmen. Gemittelt wird typischerweise z. B. über $Z=100$ Lagen und man erhält die mittlere Lagendicke MLD, die ein Maß für die Härte der Wicklung darstellt zu:

10
$$MLD = \frac{r_2 - r_1}{z}.$$

Diese Gleichung wird während des Aufwickelvorganges wiederholt ausgewertet, so daß man einen Verlauf der mittleren Lagendicke MLD in Abhängigkeit des Dickeradius r
15 erhält:

$$MLD = MLD(r).$$

Die mittlere Lagendicke verhält sich in diesem Fall genau
20 umgekehrt proportional zur Bahnzugkraft F_{AW} , wie er in Figur 2 dargestellt ist. Die auf diese Weise ermittelte mittlere Lagendicke MLD verfügt über den wichtigen Vorteil, daß sie während des Betriebes eines Rollenschneiders Online berechenbar ist. Dazu müssen lediglich Radiusmessungen
25 vorgenommen und die Papierlagen auf dem Wickel gezählt werden. Verfälscht wird die Berechnung gemäß der Gleichung lediglich durch die elastische Verformung der Papierlagen, die vor der Aufwicklung der z -Lagen zwischen Hülse und dem Außenradius r_1 liegen. Diese Verformung wird durch den
30 Radialdruck bewirkt, den die unter Tangentialspannung aufgewickelten z -Lagen auf die darunterliegenden Papierlagen ausüben. Die Verfälschung kann jedoch im Rahmen der Weiterverarbeitung, der mittels der Mittelwertbildungsgleichung erhaltenen Werte korrigiert
35 werden.

Nachdem die Bahnzugkraft F_{AW} und die Aufrollwickelhärte bzw. der mittleren Lagendicke MLD korreliert sind, gilt folgender Zusammenhang: erhöht man die Bahnkraft F_{AW} , so wird das Papier mit einer größeren Tangentialspannung eingewickelt.

5 Dies führt zu erhöhten Radialdrücken und zu einer erhöhten Lagenpressung. Daraus resultiert eine kleinere mittlere Lagendicke MLD, d. h. der Wickel wird härter gewickelt. F_{AW} und MLD sind damit hoch korreliert. Gemäß der Darstellungen in Figur 3 kann dann der Nip unter Zuhilfenahme von $MLD(r)$

10 anstatt von $F_{AW}(r)$ durch das neuronale Netz modelliert werden. Dabei hat die Verwendung der mittleren Lagendicke den Vorteil, daß diese, wie zuvor ausgeführt, unter Zuhilfenahme der Mittelwertbildungsgleichung und der Korrelation zwischen der Bahnkraft und der mittleren Lagendicke gemessen werden

15 kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur neuronalen Modellierung einer Papierwickelvorrichtung,
 - 5 a) bei dem in einem ersten Schritt Einfluß- und Steuergrößen einer Papierwickelvorrichtung (70, 80) für das Training eines neuronalen Netzes (NN) bereitgestellt werden, indem diese gemessen werden und mindestens in Abhängigkeit der gewickelten Lagenanzahl (z) und des zugehörigen Wickelradius (r) das Papierwickels abgespeichert werden,
 - 10 b) bei dem aus dem Zusammenhang zwischen den Meßgrößen Wickelradius (r) und zugehöriger Lagenanzahl (z) des Papierwickels die Bahnkraft in der Papierbahn (F_{AW}) oder eine mit der Bahnkraft korrelierte Größe (MLD) in Abhängigkeit der Einfluß- und Steuergrößen (70, 80) der Papierwickelvorrichtung als Targetgröße für das neuronale Netz (NN) bestimmt wird,
 - 15 c) und bei dem das neuronale Netz (NN) als Modell der Papierwickelvorrichtung (W_i , St) über ein gängiges Lernverfahren mindestens mit den Einfluß- und Steuergrößen der Papierwickelvorrichtung (70, 80) als Eingangsgrößen und der davon abhängigen Bahnkraft (F_{AW}), bzw. der mit der Bahnkraft korrelierten Größe (MLD) als Ausgangsgröße trainiert wird.
 - 20
 - 25
 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Einfluß- und Steuergrößen (M_H , M_S , r) an einer realen Papierwickelvorrichtung und/oder am Papier, und/oder der Umgebung der Papierwickelvorrichtung oder des Papiers gemessen werden.
 - 30
 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem die Einfluß- und Steuergrößen (M_H , M_S , r) zeitabhängig gespeichert werden.
 - 35 4. Verfahren zur Erzeugung von optimalen Steuergrößen für eine Papierwickelvorrichtung in Abhängigkeit einer gewünschten Wickelgüte (100) des Papierwickels,

- a) bei dem in einem ersten Optimierungsschritt dem nach einem der Ansprüche 1 bis 3 erstellten neuronalen Modell (NN) Einflußgrößen (70) und zu optimierende erste Steuergrößen (80) der Papierwickelvorrichtung zugeführt werden und daraus mit Hilfe des Modells (NN) eine erste Bahnkraft (F_{AW}), bzw. eine mit der ersten Bahnkraft korrelierte erste Größe (MLD) bestimmt wird,
- b) bei dem in einem zweiten Schritt aus dem bekannten Zusammenhang zwischen Bahnkraft (F_{AW}) bzw. der mit der Bahnkraft korrelierten Größe und Wickelgüte (100) aus der ersten Bahnkraft (F_{AW}), bzw. der korrelierten ersten Größe (MLD) eine erste Wickelgüte (100) bestimmt wird,
- c) und bei dem die erste Wickelgüte mit der gewünschten Wickelgüte verglichen wird und in einem weiteren Optimierungsschritt dem Modell mindestens zu optimierende zweite Steuergrößen (80) der Papierwickelvorrichtung zugeführt werden, wobei diese Vorgehensweise solange beibehalten wird, bis die aus a) und b) bestimmte Wickelgüte (100) hinreichend genau mit der gewünschten Wickelgüte übereinstimmt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Veränderung der Wickelgüte (100) in Abhängigkeit der Änderung der Steuergrößen (80) zweier benachbarter Optimierungsschritte bestimmt wird und aus dieser Veränderung darauf geschlossen wird in welcher Weise die Steuergrößen für den nächsten Optimierungsschritt zu verändern sind, um zur gewünschten Wickelgüte zu gelangen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, bei dem Steuertrajektorien als zeitabhängige Abfolge von Steuergrößen erzeugt werden.
7. Betriebsverfahren für eine Papierwickelvorrichtung, bei dem der Papierwickelvorrichtung Steuergrößen zugeführt werden, welche nach einem der Ansprüche 4 bis 6 optimiert erzeugt wurden.

8. Anordnung zur neuronalen Modellierung einer Papierwickelvorrichtung,
- 5 a) die erste Mittel zum Messen von Einfluß- und Steuergrößen der Papierwickelvorrichtung in Abhängigkeit der gewickelten Lagenanzahl (z) und des zugehörigen Wickelradius (r) das Papierwickels aufweist,
- 10 b) die zweite Mittel zur Bestimmung der Bahnkraft in der Papierbahn (F_{AW}), bzw. einer mit der Bahnkraft korrelierten Größe als Targetgröße für ein neuronales Netz (NN) mindestens aus dem Zusammenhang zwischen den von den ersten Mitteln gemessenen Größen Wickelradius (r) und zugehöriger Lagenanzahl (z) des Papierwickels, sowie in Abhängigkeit der Einfluß- und Steuergrößen der Papierwickelvorrichtung (M_H , M_S , r) aufweist, denen die von den ersten Mitteln gemessenen Größen zugeführt werden,
- 15 c) und die ein neuronales Netz (NN) als Modell der Papierwickelvorrichtung aufweist dem die Größen zugeführt werden, welche von den ersten und zweiten Mitteln bestimmt bzw. gemessen werden und das über ein gängiges Lernverfahren die Abhängigkeit der ihm zugeführten Größen voneinander lernt.
- 20)
- 25 9. Anordnung nach Anspruch 8, die mindestens Mittel zum Speichern einer der gemessenen oder ermittelten Größen aufweist.
- 30 10. Anordnung nach Anspruch 8 oder 9, bei der die Papierwickelvorrichtung als Tambourschneider ausgebildet ist.
- 35 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 bzw. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, bei dem bzw. der mindestens Antriebsmomente der Wickelvorrichtung, sowie der Elastizitätsmodul des Papiers gemessen werden.

1/3
FIG 1

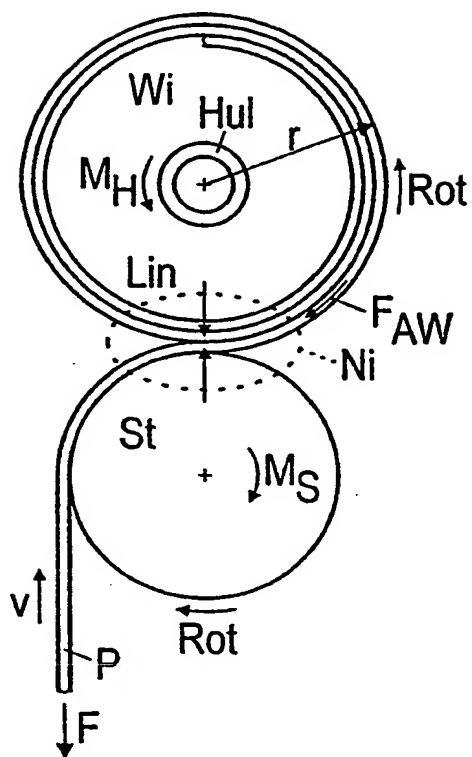
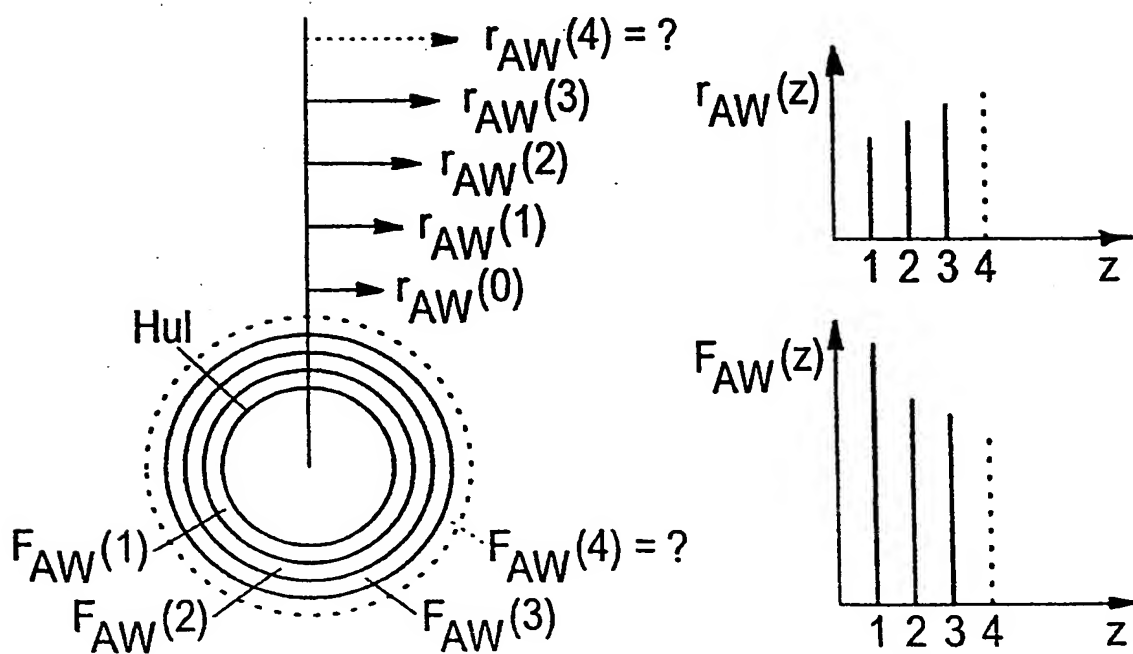


FIG 2



2/3

FIG 3

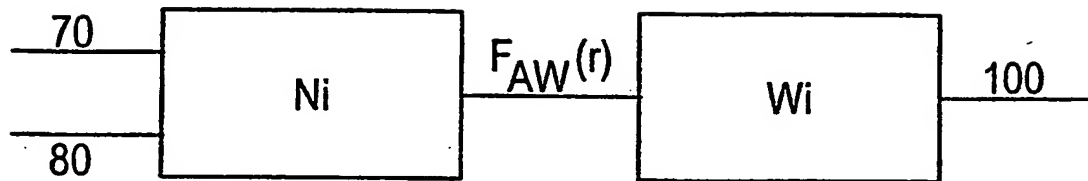
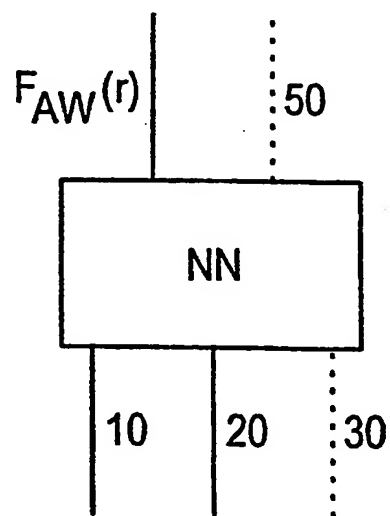
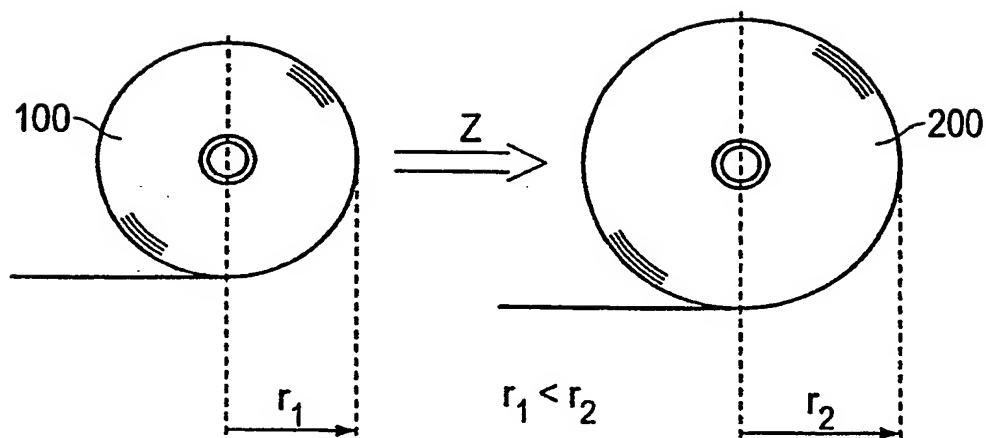


FIG 4



3/3

FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/03204

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G05B13/02 B65H23/182

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G05B B65H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 195 31 692 A (SCHAEFFNER CLEMENS DIPL ING ; SCHROEDER DIERK PROF DR ING DR (DE)) 11 April 1996 see page 5, line 15 - page 9, line 17	1-11
A	DE 195 05 506 A (DAIMLER BENZ AG) 22 August 1996 see the whole document	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 April 1999

Date of mailing of the international search report

21/04/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Messelken, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/03204

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19531692 A	11-04-1996	NONE	
DE 19505506 A	22-08-1996	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G05B13/02 B65H23/182

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G05B B65H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 195 31 692 A (SCHAEFFNER CLEMENS DIPL ING ;SCHROEDER DIERK PROF DR ING DR (DE)) 11. April 1996 siehe Seite 5, Zeile 15 - Seite 9, Zeile 17	1-11
A	DE 195 05 506 A (DAIMLER BENZ AG) 22. August 1996 siehe das ganze Dokument	1-11

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. April 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/04/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Messelken, M

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/03204

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19531692	A	11-04-1996	KEINE	
DE 19505506	A	22-08-1996	KEINE	